

Docket No.: 60188-865

PATENT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of : Customer Number: 20277  
: :  
Masahiro OGAWA : Confirmation Number:  
: :  
Serial No.: : Group Art Unit:  
: :  
Filed: May 20, 2004 : Examiner: Unknown  
: :  
For: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR FABRICATING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND**  
**TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2003-145717, filed May 23, 2003**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

Michael E. Rogarty  
Registration No. 36,139

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 MEF:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: May 20, 2004**

60188-865  
OGAWA  
May 20, 2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 5月23日

出願番号 Application Number: 特願2003-145717

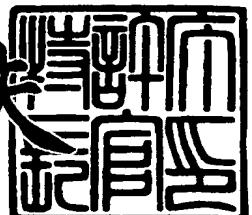
[ST. 10/C]: [JP2003-145717]

出願人 Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2004年 3月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2925040112

【提出日】 平成15年 5月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 小川 雅弘

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも A<sub>1</sub> を含みかつ 3 つ以上の構成元素を有する III 族  
窒化物半導体層を活性層に備え、かつ前記活性層の主面内において A<sub>1</sub> 組成の分  
布のばらつきを有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 III 族窒化物半導体からなる活性層を形成する工程において、  
前記活性層の構成元素を含む第 1 の原料を前記活性層の主面内の被覆率が 1 未満  
となるように供給する第 1 の工程と、被覆率が 1 未満の前記活性層の主面上に第  
1 の原料とは異なり、かつ前記活性層の構成元素を含む第 2 の原料を供給する第  
2 の工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 の工程が、第 1 の原料が加熱分解されてできる粒子群  
を照射させる工程であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造方  
法。

【請求項 4】 前記第 2 の工程が、第 2 の原料が加熱分解されてできる粒子群  
を照射させる工程であることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造方  
法。

【請求項 5】 前記粒子群は、A<sub>1</sub> を構成元素として有することを特徴とする  
請求項 3 または 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記粒子群は、III 族窒化物半導体からなるターゲットに対し  
てレーザ光を照射して蒸発させることにより形成されることを特徴とする請求項  
3 または 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 前記粒子群は、III 族金属からなるターゲットに対してレーザ  
光を照射して蒸発させることにより形成されることを特徴とする請求項 3 または  
4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】 前記粒子群として、V 族元素に対する III 属元素の組成比が 1  
より大きいことを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 前記活性層を形成する工程は、窒素雰囲気中にて行うことを特  
徴とする請求項 2 に記載の半導体装置の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、短波長半導体レーザや発光ダイオードなどの、窒化物系化合物半導体よりなる半導体装置とその製造方法に関するものである。

**【0002】****【従来の技術】**

$B_xAl_yGa_zIn_{1-x-y-z}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、  $0 \leq y \leq 1$ 、  $0 \leq z \leq 1$ 、  $0 \leq x + y + z \leq 1$ ) で表されるIII族窒化物系化合物半導体（以下単に窒化物系半導体という）は、赤色から紫外までの波長をカバーできる材料である。現在までに青色・緑色発光ダイオードが実現されており、今後も更に広い波長範囲を実現し得る光デバイス材料として期待されている。

**【0003】**

一般に窒化物系半導体素子はサファイア基板上に作製されることが多いが、窒化物系半導体とサファイアとの格子定数が大きく異なるため、膜中に多くの転位が存在する。にもかかわらず、高効率発光が得られるのは窒化物系半導体に特有の性質を有するからである。すなわち、活性層に使用されている  $InGaN$  を構成する  $GaN$  と  $InN$  には大きな格子不整合が存在するため、 $GaN$  と  $InN$  が均一に混ざり合わず、局所的に  $In$  の組成が大きな領域が形成され、バンドギャップに揺らぎが生じる（特許文献1）。このような  $In$  組成の大きな領域では、その周辺の領域よりもポテンシャルが小さくなるため、電子や正孔は容易にその領域に閉じ込められる。一旦、電子や正孔が局所的に閉じ込められると、転位などに起因する非発光センターに捕獲されにくくなるため、高効率の発光が可能となる。

**【0004】**

これらの窒化物系半導体素子については、通常有機金属気相成長法または分子線エピタキシャル成長法により作製されている。

**【0005】**

一方、基板上に膜を形成する方法として、レーザアブレーション法が知られて

いる（特許文献2）。レーザアブレーション法とは、レーザ光を材料に照射し、材料を蒸発させて基板上に膜を形成する方法である。

### 【0006】

#### 【特許文献1】

特開2001-345478号公報

#### 【特許文献2】

特開平6-293958号公報

### 【0007】

#### 【発明が解決しようとする課題】

紫外光源として有望なAlGaNの場合には、InGaNのような組成揺らぎは起こりにくく、非発光センターで電子や正孔が発光に寄与せず再結合し、発光効率が低下してしまう。したがって、結晶中の組成揺らぎを制御し、電子や正孔が局在しやすいポテンシャル領域を意図的に制御できれば、発光素子の発光効率低下を抑制し得る。

### 【0008】

本発明の目的は、窒化物系半導体のバンドギャップ揺らぎを容易に作製・制御し、発光効率を増加させる方法を提供することにある。

### 【0009】

#### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、レーザアブレーションによってInGaNやAlGaN等の窒化物系半導体の混晶を作製した場合に、これら混晶の組成揺らぎが制御可能であることを見出した。本発明は、このような知見に基づいてなされたものである。

### 【0010】

上記課題を解決するために、本発明の半導体装置は、少なくともAlを含みかつ3つ以上の構成元素を有するIII族窒化物半導体層を活性層に備え、かつ前記活性層の面内においてAl組成の分布のばらつきを有するものである。

### 【0011】

この構成により、Al組成の分布のばらつきが生じるとバンドギャップに揺らぎが生じ、バンドギャップの小さい領域に電子や正孔を閉じ込めることができる

ため、半導体装置の発光効率を非発光センターによらずに高めることが可能となる。

#### 【0012】

本発明の半導体装置の製造方法は、III族窒化物半導体からなる活性層を形成する工程において、前記活性層の構成元素を含む第1の原料を前記活性層の主面内の被覆率が1未満となるように供給する第1の工程と、被覆率が1未満の前記活性層の主面上に第1の原料とは異なり、かつ前記活性層の構成元素を含む第2の原料を供給する第2の工程とを有することを特徴とする。

#### 【0013】

この構成によると、第1の原料供給による表面被覆率が1未満の主面内に、第2の原料供給が行われるので、容易に主面内で組成のばらつきを生じさせることができが可能となる。なお、本明細書でいう被覆率とは、下地の面積に対する下地上の堆積物の面積比を意味するものとする。

#### 【0014】

本発明の半導体装置の製造方法は、さらに前記第1の工程が、第1の原料が加熱分解されてできる粒子群を照射させる工程であることが好ましい。

#### 【0015】

また、本発明の半導体装置の製造方法は、さらに前記第2の工程が、第2の原料が加熱分解されてできる粒子群を照射させる工程であることが好ましい。

#### 【0016】

これらの好ましい構成によれば、原料供給が容易であり、結晶性の良い膜を形成できる。

#### 【0017】

本発明の半導体装置の製造方法は、さらに前記第1の原料または前記第2の原料のうち少なくとも一方は、III族窒化物半導体からなることが好ましい。この好ましい構成によれば、結晶性に優れたIII族窒化物半導体を形成することができる。

#### 【0018】

本発明の半導体装置の製造方法は、さらに前記粒子群は、A1を構成元素とし

て有することが好ましい。

#### 【0019】

本発明の半導体装置の製造方法は、さらに前記粒子群は、III族窒化物半導体からなるターゲットに対してレーザ光を照射して蒸発させることにより形成されることが好ましい。

#### 【0020】

また、本発明の半導体装置の製造方法は、さらに前記粒子群は、III族金属からなるターゲットに対してレーザ光を照射して蒸発させることにより形成されることが好ましい。

#### 【0021】

これらの好ましい構成によれば、いわゆるレーザアブレーション法を用いて原料を蒸発させているので、半導体層内の組成揺らぎを容易に作り出すことができる。すなわち、レーザアブレーション法では光学窓を通してチャンバー外部から収束したレーザ光を導入し、チャンバー内に設置された固体原料表面に照射することによって原料が気相に放出され、原料表面がレーザ光により局所的に急激に加熱されるため、飛散原子の組成比が、ターゲットを構成する各原子の蒸気圧などにほとんど依存せず、ターゲットの組成比を反映したものになる。したがって、組成制御が容易となり、組成揺らぎを容易に作り出すことができる。また、レーザアブレーション法に供する原料は、複数個装置内に充填できるため、原料の変更が容易であり、相互の汚染の発生を防止することができる。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、詳しく説明する。

#### 【0023】

##### (実施の形態 1)

本発明の実施の形態 1 における窒化物系半導体素子の製造方法について、図 1 を参照しながら説明する。

#### 【0024】

レーザアブレーション装置の構成概略図を図 1 に示す。チャンバー 1 内には基

板設置用のサセプタ2があり、基板加熱用のヒーター3が設置されている。また、サセプタの対向にはステンレス製のターゲット保持用円盤4が複数設置されている。外部から石英製光学窓5を介してレーザ光6を収束してターゲット7に照射することにより原料が放出される。なお、ターゲット7を載せるターゲット保持用円盤4はその中心を軸に回転する機構を有している。

#### 【0025】

まず、直径2インチのC面を正面とするサファイア基板8をレーザアブレーション装置のチャンバー1内のサセプタ2に設置する。チャンバー1内を真空ポンプで十分に排気した後、サファイア基板8を1050℃まで加熱する。次いで、窒素を導入し、チャンバー1内の真空度を50mm Torrに保つ。レーザアブレーション用のレーザには、ArFエキシマレーザ（波長193nm、1J/cm<sup>2</sup>、周波数100Hz）を使用する。

#### 【0026】

レーザ光をGaNターゲットに照射すると、GaNターゲット表面がレーザ光により局所的に急激に加熱されるため、電子、原子、分子、イオンなどからなるプルームと呼ばれる粒子群が生成される。生成されたプルームは、雰囲気中の窒素と衝突・反応しながらターゲットと対向に設置されたサファイア基板8に到達し、再凝縮することでGaN層9が成膜する。上記方法で、サファイア基板8上に厚さ1μmのGaN層9を形成する。なお、GaN層9の形成前にサファイア基板8上にAlNやGaNからなるバッファ層を形成し、バッファ層上にGaN層9を形成してもよい。

#### 【0027】

次いで、ヒーターを加熱し、サファイア基板8の温度を1200℃まで上昇させたのち、ターゲットをAl組成20%のSiドープn型AlGaNターゲットに交換する。レーザ光をn型AlGaNターゲットに照射し、n型AlGaNを蒸発させ、GaN層9上に厚さ500nmのn型AlGaN層10を形成する。

#### 【0028】

次いで、AlターゲットとAl組成10%のAlGaNターゲットをそれぞれ半分に分割して配置されたターゲットに交換する。1分間に120回転の速度で

ターゲットを回転させながら、レーザ光をターゲットに照射することで厚さ 30 nm のアンドープ AlGaN 層 11 を形成する。

### 【0029】

Al ターゲットから飛散したプルームは、その周囲から雰囲気中の窒素と反応し、Al 過剰の  $AlN_x$  ( $0 < x < 1$ ) を形成する。一方、AlGaN ターゲットからはその組成を反映した AlGaN が形成されるので、n 型 AlGaN 層 10 上には Al 過剰の領域が膜中に存在するアンドープ AlGaN 層 11 が成膜される。Al 過剰領域近傍では局所的に AlGaN のバンドギャップが大きくなり、アンドープ AlGaN 層 11 のバンドギャップに揺らぎが生じることになる。

### 【0030】

次いで、ターゲットを Al 組成が 20% の p 型 AlGaN に交換する。レーザ光を p 型 AlGaN ターゲットに照射し、p 型 AlGaN を蒸発させ、アンドープ AlGaN 層 11 上に厚さ 500 nm の p 型 AlGaN 層 12 を形成することにより、図 2 に示すダブルヘテロ構造を作製する。

### 【0031】

以上のようなダブルヘテロ構造を有する素子に電極を形成し、電圧を印加させたところ、Al 過剰領域を形成せずに作製した場合に比べ、約 10 倍の発光強度を得ることができた。活性層に用いたアンドープ AlGaN 層中に局所的な Al 組成揺らぎが存在することにより、バンドギャップに揺らぎが生じる。電子や正孔がこの揺らぎに局在し、非発光センターに捕獲されにくくなるため、発光効率が改善される。

### 【0032】

なお、本実施の形態では Al ターゲットと AlGaN ターゲットをそれぞれ半分に分割配置したターゲットを用いたが、Ga ターゲットと AlGaN ターゲットをそれぞれ分割配置したターゲットを用いてもよい。この場合は、AlGaN 層中に Ga 過剰領域が形成され、Ga 過剰領域近傍では局所的に AlGaN のバンドギャップが小さくなることで、同様に AlGaN 層のバンドギャップに揺らぎを生じさせることが可能となる。また、金属ターゲットは 1 種類に限定されるものではなく、Al と Ga 両方の金属を用いてもよい。

**【0033】**

また、本実施の形態では2種類のターゲットを半分に分割して配置したターゲットを用いたが、割合は均等でなくともよく、割合を変えることにより過剰領域の密度を変化させることが可能である。

**【0034】**

また、窒素雰囲気ガスの希釈度でも過剰領域の密度を変化させることも可能である。すなわち、HeやNeなどの希ガスの割合を増加させることで、金属原子を雰囲気ガスと反応させずに供給することが可能となる。完全な希ガス雰囲気中では、金属原子はそのまま供給されるので、膜中に金属ドロップレットが形成される。

**【0035】**

(実施の形態2)

本発明の実施の形態2における窒化物系半導体素子の製造方法は、実施の形態1と同様にレーザアブレーション法により、サファイア基板8上にGaN層9、n型AlGaN層10を順次形成する。

**【0036】**

次いで、 $Al_xGa_{1-x}N$  ( $x = 0.095$ ) ターゲットと $Al_yGa_{1-y}N$  ( $y = 0.01$ ) ターゲットとをそれぞれ半分に分割して配置したターゲットを設置する。1分間に120回転の速度でターゲットを回転させながら、レーザ光を照射することにより、厚さ30nmのアンドープAlGaN層11を形成する。組成の異なる2種類の半導体からなるターゲットが回転しているので、両者が混合された膜を形成することができる。すなわち、形成された膜は $Al_xGa_{1-x}N$  ( $x = 0.095$ ) と $Al_yGa_{1-y}N$  ( $y = 0.01$ ) が混合された層であり、局所的に組成の異なる領域が形成されるため、2種類の半導体のバンドギャップを反映したバンドギャップ揺らぎを形成することができる。

**【0037】**

次いで、ターゲットをp型AlGaNに交換する。レーザ光をAlGaNターゲットに照射し、p型AlGaNを蒸発させ、アンドープAlGaN層上に厚さ500nmのp型AlGaN層12を形成する。

## 【0038】

以上のようなダブルヘテロ構造を有する素子に電極を形成し、電圧を印加させたところ、1種類のAlGaNターゲットを使用した場合に比べ、約10倍の発光強度を得ることができた。アンドープAlGaN活性層中に局所的なバンドギヤップ揺らぎが生じ、電子・正孔が局在化し、非発光センターに捕獲されにくくなり、発光効率が上がったためである。

## 【0039】

なお、本実施の形態では組成の異なる窒化物系半導体を半分に分割配置したターゲットを用いたが、割合は均等でなくともよく、割合を変えることによりバンドギヤップ揺らぎの密度を変化させることが可能である。

## 【0040】

## (実施の形態3)

本発明の実施の形態3における窒化物系半導体素子の製造方法は、実施の形態1と同様にレーザアブレーション法により、サファイア基板8上にGaN層9、n型AlGaN層10を順次形成する。

## 【0041】

次いで、窒素欠乏によりストイキオメトリがずれたAl<sub>0.10</sub>GaN<sub>0.90</sub>N<sub>0.98</sub>ターゲットを設置する。すなわち、通常ならばV族原子に対するIII族原子の化学組成比は1であるが、窒素が欠乏しているため、V族原子に対するIII族原子の化学組成比が1よりも小さくなる。このターゲットを1分間に120回転の速度で回転させながら、レーザ光を照射することにより厚さ30nmのアンドープAlGaN層11を形成する。このときレーザ照射により発生したプルームはその先端から雰囲気中ガスの窒素と反応し、窒素の欠乏分を補う。一方でプルーム中心部は雰囲気ガスからシールドされた状態なので、窒素が欠乏したままであるので、両者が混在した膜が形成される。

## 【0042】

次いで、ターゲットをp型AlGaNに交換する。レーザ光をAlGaNターゲットに照射し、p型AlGaNターゲットを蒸発させ、アンドープAlGaN層上に厚さ500nmのp型AlGaN層を形成する。

**【0043】**

以上のようなダブルヘテロ構造を有する素子に電極を形成し、電圧を印加させたところ、1種類のAlGaNターゲットを使用した場合に比べ、約10倍の発光強度を得ることができた。アンドープAlGaN活性層中に局所的なバンドギャップ揺らぎが生じ、電子・正孔が局在化し、非発光センターに捕獲されにくくなり、発光効率が上がったためである。

**【0044】**

以上に述べた実施の形態1～3において、以下に示す置換を行っても、同様の効果が得られる。

**【0045】**

上記実施の形態では、一連の成膜をレーザアブレーション法で行ったが、他の成長方法を用いてもよく、例えばMOVPE法、MBE法を用いて原料を交互に供給してもよい。

**【0046】**

また、アブレーション用のレーザとして、ArFエキシマレーザを用いたが、他の紫外光レーザであってもよい。例えば、XeCl（波長308nm）、KrF（波長248nm）などのエキシマレーザ、YAGレーザの第4高調波（波長266nm）である。

**【0047】**

また、活性層にAlGaN層を用いたが、 $B_xAl_yGa_zIn_{1-x-y-z}N$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $0 \leq x + y + z \leq 1$ ) からなる活性層でも同様の製造方法で作製することが可能である。

**【0048】****【発明の効果】**

以上説明したように、本発明の半導体装置およびその製造方法によれば、バンドギャップ揺らぎを容易に形成することができ、発光効率を向上させることが可能となる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

## 本発明の半導体装置の製造方法に係るレーザアブレーション装置の概略図

## 【図2】

## 本発明の実施の形態1に係る半導体装置の断面図

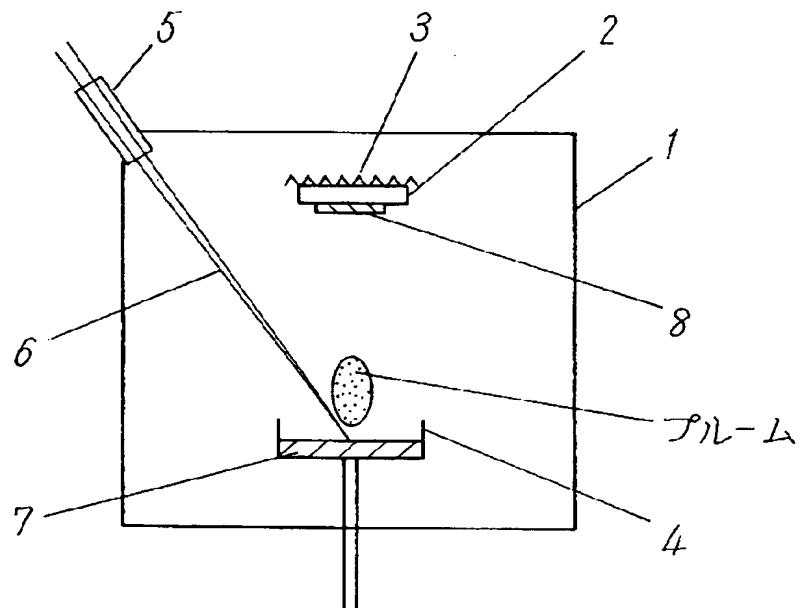
## 【符号の説明】

- 1 チャンバー
- 2 サセプタ
- 3 ヒーター
- 4 ターゲット保持用円盤
- 5 石英製光学窓
- 6 レーザ光
- 7 ターゲット
- 8 サファイア基板
- 9 GaN層
- 10 n型AlGaN層
- 11 アンドープAlGaN層
- 12 p型AlGaN層

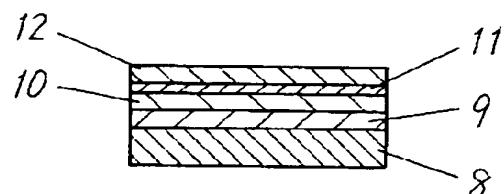
【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 壱化物系化合物半導体素子において、バンドギャップ揺らぎに電子・正孔を局在させ、発光効率を向上させる。

【解決手段】 レーザアブレーション装置を用い、サファイア基板8上にGaN層、n型AlGaN層、アンドープAlGaN層、p型AlGaN層を順次形成して、ダブルヘテロ構造を作製する。アンドープAlGaN層を成膜する際のレーザアブレーションのターゲット7をAlターゲットとAlGaNターゲットを分割して配置したターゲットを用い、ターゲット7を回転させながらレーザ光6をターゲット7の表面に照射することで、アンドープAlGaN層中のAl組成が変動し、バンドギャップに揺らぎが生じる。

【選択図】 図1

特願 2003-145717

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地  
氏名 松下電器産業株式会社